

# Электронные приборы

**Лекторы:**

Ирина Панайотти

**Язык:**

Русский

**Трудоемкость:**

3 з.е.

**Форма контроля:**

Дифф. зачет

**Образовательная программа:**

Теоретическая и экспериментальная  
физика  
6 семестр

**Пререквизиты:**

Общая физика: механика  
Общая электротехника  
Математический анализ

| Лекции<br>(ак.час)*               | Практические занятия<br>(ак.час) | Лабораторные занятия<br>(ак.час) |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 54                                |                                  | 14                               |
| *1 академический час = 45 минутам |                                  |                                  |

Цель изучения дисциплины - сформировать специалистов, которые знают и умеют обоснованно и результативно применять и осваивать новые современные подходы, методы и модели при решении задач, связанных с проблемами развития элементной базы твердотельной электроники. В рамках данной дисциплины студенты изучают различные типы современных полупроводниковых приборов. Особое внимание уделено рассмотрению физических основ полупроводниковой электроники, таких как статистика носителей заряда, рекомбинационно-генерационные процессы, механизмы переноса заряда, контактные явления, постановка и решение теоретических и практических задач для приборных структур. В ходе освоения дисциплины студенты знакомятся с актуальными проблемами и новейшими разработками в области полупроводниковой электроники. При этом закладываются необходимые навыки для решения задач, связанных с развитием ее элементной базы.

# Содержание курса

## 6 семестр

### Электронные приборы

#### Структура курса

| Разделы   | Лекции<br>(ак.ч.) | Лабы<br>(ак.ч.) |
|---|-------------------|-----------------|
| <b>1. Статистика равновесных носителей заряда в полупроводниках</b>                   |                   |                 |
| 1.1. Концентрация равновесных свободных носителей заряда в полупроводниках.           | 2                 |                 |
| 1.2. Определение положения уровня Ферми в состоянии термодинамического равновесия.    | 1                 |                 |
| 1.3. Вырожденные и невырожденные полупроводники.                                      | 2                 |                 |
| <b>2. Неравновесные носители заряда в полупроводниках</b>                             |                   |                 |
| 2.1. Понятие о неравновесных носителях заряда.  | 1                 |                 |
| 2.2. Генерация и рекомбинация носителей заряда.                                       | 2                 |                 |
| 2.3. Рекомбинация Шокли-Рида. Оже-рекомбинация  | 2                 |                 |
| <b>3. Перенос электрического заряда в полупроводниках</b>                             |                   |                 |
| 3.1. Дрейф свободных носителей заряда.  | 2                 |                 |
| 3.2. Диффузия свободных носителей заряда.   | 1                 |                 |
| 3.3. Амбиполярные диффузия и дрейф носителей заряда.                                  | 2                 |                 |
| <b>4. Контакт полупроводников в разными типами проводимости - рп-переход</b>          |                   |                 |
| 4.1. рп-переход в равновесии  | 2                 |                 |
| 4.2. Выпрямляющие свойства рп-перехода  | 2                 |                 |
| 4.3. Идеальный рп-переход   | 2                 |                 |
| 4.4. Отклонение реальных ВАХ от идеальных   | 2                 |                 |
| <b>5. Контакт полупроводников с одним типом проводимости - np+ - и pp+ - переходы</b> |                   |                 |
| 5.1. Невыпрямляющие свойства np+ - и pp+ - переходов.                                 | 2                 |                 |
| <b>6. Контакты металл-полупроводник.</b>  |                   |                 |
| 6.1. Запорные и антизапорные контакты металл-полупроводник.                           | 1                 |                 |
| 6.2. Выпрямляющие свойства барьера Шоттки   | 1                 |                 |
| 6.3. Омические контакты.  | 1                 |                 |
| <b>7. Гетеропереходы</b>  | 1                 |                 |
| <b>8. МДП (МОП) - структуры</b>   |                   |                 |
| 8.1. Идеальные и реальные МДП (МОП) - структуры.                                      | 1                 |                 |
| <b>9. Полупроводниковые диоды</b>   |                   |                 |
| 9.1. Полупроводниковые диоды с короткой базой.  | 2                 |                 |
| 9.2. р+np+ - диодные структуры с длинной базой.                                       | 2                 |                 |
| 9.3. Переходные процессы в диодах.  | 2                 |                 |
| 9.4. Разновидности полупроводниковых диодов. Светодиоды и фотодиоды.                  | 2                 |                 |
| <b>10. Биполярные транзисторы</b>   |                   |                 |
| 10.1. Структура и режимы работы биполярных транзисторов.                              | 2                 |                 |
| 10.2. Усилительные свойства биполярных транзисторов.                                  | 2                 |                 |

|  |   |  |
|--|---|--|
| 10.3. Ключевой режим работы биполярных транзисторов. | 2 |  |
| 10.4. Разновидности биполярных транзисторов.         | 1 |  |
| <b>11.Тиристоры</b>                                  |   |  |
| 11.1. Диодные тиристоры (динисторы).                 | 2 |  |
| 11.2. Триодные (трехэлектродные) тиристоры.          | 2 |  |
| 11.3. Способы управления тиристорами.                | 2 |  |
| <b>12. Полевые приборы</b>                           |   |  |
| 12.1. Классификация и особенности полевых приборов.  | 1 |  |
| 12.2. Полевые транзисторы.                           | 3 |  |

#### Перечень лабораторных работ:

1. Резисторный делитель
2. Основные пассивные компоненты и их свойства
3. Полупроводниковый диод
4. Исследование параметров биполярного транзистора
5. Исследование параметров полевого транзистора
6. Вольт-амперная характеристика светоизлучающего диода
7. Принципом действия фотодиода (ФД). Изучение схем включения ФД.

## Рекомендуемые ресурсы

#### Основная литература:

1. Полупроводниковые приборы / В.В. Пасынков, Л.К.Чиркин — СПб.: Издательство "Лань", 2003
2. Основы физики полупроводников / Г.Г. Зегря, В.И.Перель — М.: Физматлит, 2009

#### Дополнительная литература:

1. Физика полупроводниковых приборов / С. Зи — М.: Мир, 1984
2. Полупроводниковые приборы / Н.М. Тугов, Б.А. Глебов, Н.А. Чарыков — М.: Энергоатомиздат, 1990
3. Физика полупроводников / К.В. Шалимова — М.: Энергия, 1976

## Политика оценивания

#### Оценочные средства дисциплины: лабораторная работа, тестирование, дифференцированный зачет.

Допуском к экзамену являются все вовремя сданные лабораторные работы (предполагается оформление отчетов и защита), а также успешное прохождение теста на основные понятия и формулы (тестирование проводится дважды - в коллоквиум и перед дифференцированным зачетом).

Итоговая аттестация - устный экзамен: ответ на билет из двух вопросов, в случае спорных ситуаций выдаётся задача.

Оценка выставляется по пятибалльной шкале, где:

**Оценка 5 - «Отлично»** – обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами и практическими заданиями, правильно обосновывает принятые решения, умеет самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок.

**Оценка 4 - «Хорошо»** – обучающийся твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий.

**Оценка 3 - «Удовлетворительно»** – обучающийся усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий.

**Оценка 2 - «Неудовлетворительно»** – обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические задания, задачи.

## Тип самостоятельных заданий

Примеры экзаменационных вопросов:

1. Равновесные концентрации свободных носителей заряда в полупроводниках. Общий случай.
2. Вырожденные и невырожденные полупроводники. Равновесные концентрации свободных носителей заряда в невырожденном полупроводнике. Случай сильного вырождения.
3. Положение уровня Ферми в невырожденных полупроводниках.
4. Неравновесные носители заряда. Квазиуровни Ферми. Генерация и рекомбинация носителей заряда в полупроводниках. Понятие о времени жизни.

